

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Terkait**

*Augmented Reality* (AR) adalah sebuah istilah untuk lingkungan yang menggabungkan dunia nyata dan dunia *virtual* yang dibuat oleh komputer sehingga batas antara keduanya menjadi sangat tipis. Ronald Azuma pada tahun 1997 mendefinisikan AR sebagai sistem yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Menggabungkan lingkungan nyata dan *virtual*.
- b. Berjalan secara interaktif dalam waktu nyata.
- c. Integrasi dalam tiga dimensi (3D).

Secara sederhana AR bisa didefinisikan sebagai lingkungan nyata yang ditambahkan objek *virtual*. Penggabungan objek nyata dan *virtual* dimungkinkan dengan teknologi *display* yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat input tertentu. AR merupakan variasi dari *Virtual Environments* (VE), atau yang lebih dikenal dengan istilah *Virtual Reality* (VR). Teknologi VR membuat pengguna tergabung dalam sebuah lingkungan *virtual* secara keseluruhan. Ketika tergabung dalam lingkungan tersebut, pengguna tidak bisa melihat lingkungan nyata disekitarnya. Sebaliknya, AR memungkinkan pengguna untuk melihat lingkungan nyata, dengan objek *virtual* yang ditambahkan atau tergabung dengan lingkungan nyata. Tidak seperti VR yang sepenuhnya menggantikan lingkungan nyata, AR sekedar menambahkan atau melengkapi lingkungan nyata (Indrawaty, dkk, 2012).

Tujuan utama dari AR adalah untuk menciptakan lingkungan baru dengan menggabungkan interaktivitas lingkungan nyata dan *virtual* sehingga pengguna merasa bahwa lingkungan yang diciptakan adalah nyata. Dengan kata lain, pengguna merasa tidak ada perbedaan yang dirasakan antara AR dengan apa yang mereka lihat/rasakan di lingkungan nyata. Dengan bantuan teknologi AR (seperti visi komputasi dan pengenalan objek) lingkungan nyata disekitar kita akan dapat

berinteraksi dalam bentuk digital (*virtual*). Informasi tentang objek dan lingkungan disekitar kita dapat ditambahkan kedalam sistem AR yang kemudian informasi tersebut ditampilkan diatas layer dunia nyata secara *real-time* seolah-olah informasi tersebut adalah nyata. Informasi yang ditampilkan oleh objek *virtual* membantu pengguna melaksanakan kegiatan-kegiatan dalam dunia nyata. AR banyak digunakan dalam bidang-bidang seperti kesehatan, militer, industri, dan lain sebagainya (Indrawaty, dkk, 2012).

Ada beberapa penelitian yang membuat sistem pembelajaran tentang anatomi tubuh manusia seperti, pembuatan aplikasi *magic book* anatomi tubuh manusia sebagai sarana edukasi berbasis teknologi AR (Nourzamany, 2013). Pada aplikasi *magic book* ini, menampilkan model 3D dari anatomi tubuh manusia dalam bentuk AR, namun berhubungan *hardware* yang digunakan pada webcam hanya 2Mb pixel, maka pengguna harus menempatkan *Marker* secara benar dan tepat dengan jarak rata-rata 30 cm di depan kamera serta terdapat cahaya yang cukup terang.

Selain itu juga ada juga media pembelajaran interaktif pengenalan anatomi manusia menggunakan metode AR (Indrawaty, dkk, 2012), pada penelitian ini menampilkan objek berupa organ dalam, rangka dan alat pencernaan manusia secara *virtual 3D* dalam sebuah modul ber-*marker* sebagai alat peraga menggunakan AR, namun *tools* yang digunakan untuk membangun AR menggunakan ARToolkit, yang mana ARToolkit sedikit lebih sulit dipahami dari pada *tools* Openspace3d, selain itu juga *marker* yang digunakan untuk membaca atau menampilkan *virtual* tiga dimensi dari AR menggunakan objek berupa gambar yang tidak sesuai dengan gambar tiga dimensi yang di tampilkan di atas *Marker*.

Adapun hal yang berbeda pada penelitian ini dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya adalah pada aplikasi sistem yang akan dirancang menggunakan *hardware* yang memiliki spesifikasi yang lebih tinggi, seperti webcam yang akan digunakan diatas 8 Mb pixel, sehingga *Marker* bisa dibaca pada jarak yang lebih jauh, dan *virtual* tiga dimensi yang akan ditampilkan akan lebih maksimal, selain itu juga bentuk *Marker* akan dirancang sesuai dengan

*virtual* yang akan ditampilkan dengan menggunakan aplikasi Openspace3d yang sangat mudah dipahami.

## **2.2. Pengertian *Augmented Reality*(AR)**

AR dapat didefinisikan sebagai penggabungan benda-benda nyata dan maya di lingkungan nyata, berjalan secara interaktif dalam waktu nyata, dan terdapat integrasi antar benda dalam tiga dimensi, yaitu benda maya terintegrasi dalam dunia nyata (Azuma, 1997). Penggabungan benda nyata dan maya dimungkinkan dengan teknologi tampilan yang sesuai, interaktivitas dimungkinkan melalui perangkat-perangkat input tertentu, dan integrasi yang baik memerlukan penjejak yang efektif (Nourzamany, 2013).

Sedangkan menurut Stephen Cawood & Mark Fiala dalam modulnya yang berjudul *AR: a practical guide*, mendefinisikan bahwa AR merupakan cara alami untuk mengeksplorasi objek 3D dan data, AR merupakan suatu konsep perpaduan antara *virtual reality* dengan *world reality*. Sehingga objek-objek *virtual* 2 Dimensi (2D) atau 3 Dimensi (3D) seolah-olah terlihat nyata dan menyatu dengan dunia nyata. Pada teknologi AR, pengguna dapat melihat dunia nyata yang ada di sekelilingnya dengan penambahan obyek *virtual* yang dihasilkan oleh komputer (Nourzamany, 2013).

Dalam modul “Handbook of AR”, AR bertujuan menyederhanakan hidup pengguna dengan membawa informasi maya yang tidak hanya untuk lingkungan sekitarnya, tetapi juga untuk setiap melihat langsung lingkungan dunia nyata, seperti *live-streaming* video. AR meningkatkan pengguna persepsi dan interaksi dengan dunia nyata (Nourzamany, 2013).

## **2.3. Sejarah AR**

Sejarah tentang AR dimulai dari tahun 1957-1962, ketika seorang penemu yang bernama Morton Heilig, seorang sinematografer, menciptakan dan memapatenkan sebuah simulator yang disebut Sensorama dengan *visual*, getaran dan bau. Pada tahun 1966, Ivan Sutherland menemukan head-mounted display yang dia claim adalah, jendela ke dunia *virtual*. Tahun 1975 seorang ilmuwan

bernama Myron Krueger menemukan *Videoplace* yang memungkinkan pengguna, dapat berinteraksi dengan objek *virtual* untuk pertama kalinya. Tahun 1989, Jaron Lanier, memperkenalkan *Virtual reality* dan menciptakan bisnis komersial pertama kali di dunia maya, Tahun 1992 mengembangkan AR untuk melakukan perbaikan pada pesawat boeing, dan pada tahun yang sama, LB Rosenberg mengembangkan salah satu fungsi sistem AR, yang disebut *Virtual Fixtures*, yang digunakan di Angkatan Udara AS Armstrong Labs, dan menunjukkan manfaatnya pada manusia, dan pada tahun 1992 juga, Steven Feiner, Blair MacIntyre dan dorée Seligmann, memperkenalkan untuk pertama kalinya Major Paper untuk perkembangan *PrototypeAR*(Nourzamany, 2013).

Pada tahun 1999, Hirokazu Kato, mengembangkan ARToolkit di HITLab dan didemonstrasikan di SIGGRAPH, pada tahun 2000, Bruce.H.Thomas, mengembangkan ARQuake, sebuah *Mobile GameAR* yang ditunjukkan di International Symposium on Wearable Computers(Nourzamany, 2013).

Pada tahun 2008, Wikitude AR Travel Guide, memperkenalkan Android G1 Telephone yang berteknologi AR, tahun 2009,Saqoosha memperkenalkan FLARToolkit yang merupakan perkembangan dariARToolkit. FLARToolkit memungkinkan kita memasang teknologi AR di sebuah *website*,karena output yang dihasilkan FLARToolkit berbentuk Flash. Ditahun yang sama, Wikitude Drive meluncurkan sistem navigasi berteknologi AR di *platform* Android. Tahun 2010, Acrossair menggunakan teknologi AR pada I-Phone 3GS.

## 2.4 *Marker*

*Marker* adalah real enviroment berbentuk objek nyata yang akan menghasilkan *virtualreality*, *marker* ini digunakan sebagai tempat AR muncul, berikut ini beberapa jenis *marker* yang digunakan pada aplikasi AR:

1. *Quick Response*(QR) Kode dua dimensi kode yang terdiri dari banyak kotak diatur dalam pola persegi, Biasanya QR ini berwarna hitam dan putih, kode QR diciptakan di Jepang pada awal 1990-an dan digunakan untuk melacak berbagai bagian dalam manufaktur kendaraan. Dan saat ini QR digunakan

sebagai link cepat ke website, dial cepat untuk nomor telepon, atau bahkan dengan cepat mengirim pesan SMS seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 QR (*Quick Response*)

(Sumber : Anonim, 2013)

2. *Fiducial Marker* adalah bentuk paling sering digunakan oleh teknologi AR karena *marker* ini digunakan untuk melacak benda-benda di *virtual reality* tersebut. kotak hitam dan putih digunakan sebagai titik referensi atau untuk memberikan skala dan orientasi ke aplikasi. Bila penanda tersebut deteksi dan dikenali maka AR akan keluar dari *marker* ini seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Fiducial Marker*

(Sumber : Anonim, 2013)

3. *Markerless Marker* berfungsi sama seperti *fiducial marker* yang namun bentuk *markerless marker* tidak harus kotak hitam putih, *markerless* ini bisa berbentuk gambar yang mempunyai banyak warna seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Markerless Marker*  
(Sumber : Anonim, 2013)

## 2.5. Contoh Pengaplikasian AR

Seiring berjalannya waktu, AR berkembang sangat pesat sehingga memungkinkan pengembangan aplikasi ini di berbagai bidang sebagai contoh, sebagai berikut.

### 1. Navigasi Telepon Genggam

Dalam kurun waktu 1 tahun terakhir ini, telah banyak integrasi AR yang dimanfaatkan pada telepon genggam. Saat ini ada 3 Sistem Operasi telepon genggam besar yang secara langsung memberikan dukungan terhadap teknologi AR melalui antarmuka pemrograman aplikasinya masing-masing. Untuk dapat menggunakan kamera sebagai sumber aliran data visual.

### 2. Hiburan

Bentuk sederhana dari AR telah dipergunakan dalam bidang hiburan dan berita untuk waktu yang cukup lama. Contohnya adalah pada acara laporan cuaca dalam siaran televisi di mana wartawan ditampilkan berdiri di depan peta cuaca yang berubah. Dalam studio, wartawan tersebut sebenarnya berdiri di depan layar biru atau hijau. Pencitraan yang asli digabungkan dengan peta buatan komputer menggunakan teknik yang bernama *chroma-keying*.

### 3. Kedokteran (*Medical*)

Teknologi pencitraan sangat dibutuhkan di dunia kedokteran, seperti misalnya, untuk simulasi operasi, simulasi pembuatan vaksin virus, dll. Untuk itu, bidang kedokteran menerapkan AR pada visualisasi penelitian mereka.

#### 4. *Engineering Design*

Seorang engineering design membutuhkan AR untuk menampilkan hasil *design* mereka secara nyata terhadap klien. Dengan AR klien dapat mengetahui, tentang spesifikasi yang lebih detail tentang desain mereka.

#### 5. *Robotics* dan *Telerobotics*

Dalam bidang robotika, seorang operator robot, menggunakan pengendali pencitraan visual dalam mengendalikan robot itu. Jadi, penerapan AR dibutuhkan di dunia robot.

### 2.6. Autodesk 3DS Max Design 2013

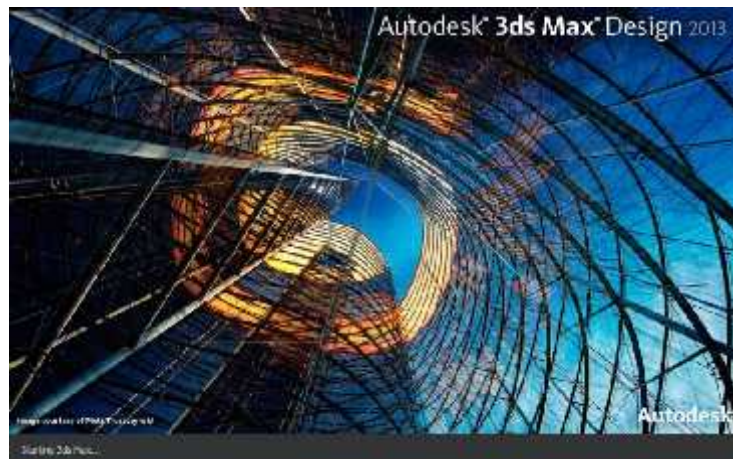
Autodesk 3DS Max, 3D Studio MAX sebelumnya, adalah pemodelan, animasi dan *rendering* paket yang dikembangkan oleh Autodesk Media dan Entertainment. Autodesk memiliki kemampuan pemodelan, arsitektur *plugin* yang fleksibel dan dapat digunakan pada platform Microsoft Windows. *Software* Ini sering digunakan oleh pengembang video *animation*, studio TV komersial dan studio visualisasi ARsitektur.

Hal ini juga digunakan untuk efek-efek film dan film pra-visualisasi. Selain pemodelan dan *tool* animasi, versi terbarudari 3DS Max juga memiliki fitur *shader* (seperti *ambient occlusion* dan *subsurface scattering*), *dynamic simulation*, *particle systems*, *radiosity*, *normal map creation and rendering*, *global illumination*, *customize user interface*, dan bahasanya *scripting* untuk 3DMax.

Autodesk 3DS Max Design 2013 merupakan *software* 3D model dan *rendering* untuk pembuatan animasi, games dan yang lainnya. Autodesk 3DS Max Design 2013 mempunyai fitur yang lebih lengkap dibandingkan Autodesk 3DS Max 2013 dan Autodesk 3DS Max sebelumnya. Selain itu Autodesk 3DS Max Design 2013 juga telah dioptimasi dibandingkan versi sebelumnya sehingga proses *rendering*nya pun terasa lebih cepat dan lebih sedikit menggunakan *resources* komputer.

Selain itu juga Autodesk 3DS Max Design 2013 adalah *software* terlengkap untuk proses pembuatan 3D model, animasi, pembuatan game dan desain grafis. Fitur-fitur Autodesk 3DS Max Design 2013:

1. *Tools rendering* dan 3D model yang lengkap
2. Optimasi proses *rendering*
3. Terintegrasi dengan adobe *after effect*
4. *Support* sistem 32 bit dan 64 bit



Gambar 2.4 Autodesk 3DS Max Design 2013

(Sumber: *Screenshot*Autodesk 3DS Max Design, 2013)

## 2.7. OpenSpace3D

OpenSpace3D adalah sebuah *tools* yang bisa kita gunakan untuk membangun AR, terutama yang ingin membangun di *Dekstop Based* dan *Web Based*. salah satu kelebihan OpenSpace3D dari *tools* lainnya adalah:

1. *User Friendly* (mudah digunakan).
2. *Powerfull* (banyak fungsi yang dibuat sangat mudah sehingga dapat memberikan banyak tampilan interaksi).
3. teknologinya selalu *up to date* ( dalam hal ini team SCOL sedang membuat *library* untuk menampilkan *custom Marker*).
4. Bisa digunakan di *web* dan *dekstop* (lebih mudah).
5. Bisa Menggunakan *Marker Tengible* (*Marker Sentuh*).
6. *Marker* lebih sensitif, maksudnya walau *marker*-nya sudah lecek, tetep masih terbaca.





Gambar 2.5 OpenSpace3D  
(Sumber: ScreenshotOpenSpace3D, 2013)

## 2.8. OGRE (*Object-Oriented Graphics Rendering Engine*)

OGRE merupakan suatu *engine* berobjek oriented (berorientasi objek) dan fleksibel terhadap 3D. Direpresentasikan dengan bahasa C++ serta dirancang lebih mudah dan intuitif bagi pengembang untuk menghasilkan aplikasi yang menggunakan *hardware* berakselerasi 3D. Kelas *library* pada OGRE menggunakan Direct3D dan OpenGL serta menyediakan sebuah interface berbasis objek kelas dunia dan tingkat tinggi. OGRE merupakan *rendering engine* dan khusus menangani *vector* dan *matrix classes* serta *memory handling*.

Fitur-Fitur yang terdapat pada OGRE yaitu:

1. Desain yang ber-*object oriented* dengan menggunakan *plug-in* untuk mempermudah memasukkan fitur lainnya.
2. Engine berbasis *scene graph* dengan bantuan untuk sebuah varietas yang luas, *octree*, BSP, & *Paging Landscape scene manager*.
3. Multi-*platform* dengan dukungan OpenGL & Direct3D. Bisa me-*render* konten yang sama di beda *platform* tanpa harus mempunyai content creator. Dapat diakses pada *platform* Linux, Mac OS X, dan semua versi Windows.
4. OGRE mendukung program *Vertex* dan *Fragment* selama ditulis dengan GLSL, HLSL, Cg, dan assembler.

5. *The landscape scene manager* untuk *Progressive LOD*, yang mana bisa dibuat secara otomatis & manual.
6. *Engine animasi* yang *men-suport* penuh untuk *multiple hardware*.
7. OGRE mempunyai *comositing manager* dengan bahasa *script* dan *full screen postprocessing* untuk efek seperti, *blooming*, *satruation*, *brightness*, *blurring*, dan *noise*.
8. *LibrARies* mempunyai *fitur memory debugging* dan *loading resourcedariarchive-nya*.
9. Tersedia konten *tools* untuk *3D modeler*, seperti 3D Studio Max, Maya, Blender, LightWare, Milkshape, Sketchup, dsb.



Gambar 2.6 OGRE (*Object-Oriented Graphics Rendering Engine*)

(Sumber: Screenshot Diarzi, 2008)

## 2.9 DirectX 9

DirectX merupakan *interface* antara *hardware* dalam PC Anda dan Windows itu sendiri, yang merupakan bagian dari Windows API (*Application Programming Interface*). *Software* ini digunakan ketika pembuat *game* ingin memutar *file* suara, ini hanyalah masalah menggunakan fungsi *library* yang sesuai. Pada waktu *game* berjalan, ia memanggil DirectX API, yang akan memutar file suara.

Pada awalnya, DirectX hanyalah toolkit sederhana *hardware* masa awal terbatas dan pada waktu itu hanya dibutuhkan fungsi grafis yang sederhana. Seiring dengan perkembangan *hardware* dan *software* yang semakin kompleks,

demikian juga DirectX. Ia sekarang lebih dari sekadar toolkit grafis, dan ia telah meliputi banyak rutin yang menangani semua jenis komunikasi hardware.

Sebagai contoh, rutin Direct *Input* dapat menangani semua jenis perangkat *input*, dari *mouse* sederhana dengan dua-tombol sampai *flight joystick* yang kompleks. Bagian lain adalah Direct*Sound* untuk perangkat *audio* dan Direct*Play* yang menyediakan toolkit untuk bermain *game* secara *online* atau *multiplayer*.



Gambar 2.7 DirectX

(Sumber: <http://www.anneahira.com/directx.htm>, 2013)

## 2.10 Cyberlink Youcam

Cyberlink Youcam adalah software yang digunakan untuk memperluas fungsi webcam. Diantaranya melengkapi webcam dengan efek-efek dinamis yang sangat menarik. Seperti penambahan emoticon, avatar, filter dan lain-lain untuk video yang dihasilkan webcam.

Fitur - fitur yang terdapat pada Cyberlink Youcam antara lain :

1. *Effects Rome* : Youcam menyediakan begitu banyak efek yang bisa kita gunakan secara langsung (*Live Recording*), termasuk juga pada foto *snapshots*
2. *Augmentted Reality* : Digunakan untuk menghasilkan *Animasi Efek*.

3. *Freehand Drawing* : Memungkinkan kita untuk menggambar pada video yang kita rekam, diantaranya : *Brushes, Stamps, Erasers, Color Boards*.
4. *Video Surveillance Settings* : Anda bisa mengatur waktu rekaman video dan juga berakhirnya rekaman secara otomatis.
5. *Full Screen Support*.
6. *Zoom In dan Zoom Out Support*.
7. *Capture Desktop Movements*.



Gambar 2.8 Cyberlink Youcam  
(Sumber:ScreenshotCyberlink Youcam, 2013)

### 2.11 Inno Setup Compiler

Inno Setup adalah installer untuk program Windows. Pertama kali diperkenalkan pada tahun 1997. Inno Setup adalah alat yang membantu Anda untuk membuat installer windows (Fernando, 2013)

Fitur-fitur pada Inno Setup:

1. Dukungan untuk semua versi Windows yang digunakan saat ini: Windows 8, Windows 7, 2008 R2, Vista, XP, 2003, 2000, Me, 98, 95, dan NT 4.0.

2. Ekstensif dukungan untuk instalasi aplikasi 64-bit pada edisi 64-bit Windows. Baik arsitektur x64 dan Itanium didukung. (Pada arsitektur Itanium, Service Pack 1 atau yang lebih diperlukan pada Windows Server 2003 untuk menginstal di 64-bit mode.)
3. Mendukung penciptaan satu EXE untuk menginstal program.
4. Standar Windows 2000/XP-style penyihir antarmuka.
5. Jenis pengaturan Customizable, mis Penuh, Minimal, Custom.
6. Kemampuan uninstall Lengkap.
7. Instalasi file:Termasuk dukungan terintegrasi untuk "mengempis", bzip2, dan 7-Zip LZMA kompresi file. Installer memiliki kemampuan untuk membandingkan versi file info, ganti di-gunakan file, menggunakan penghitungan shared file, mendaftar DLL / OCX 's dan perpustakaan jenis, dan menginstal font.
8. Penciptaan pintas mana saja, termasuk di Start Menu dan desktop.
9. Menjalankan program lain sebelum, selama atau setelah instalasi.
- 10.Dukungan untuk menginstal multibahasa, termasuk hak-ke-kiri dukungan bahasa.
- 11.Dukungan untuk menginstal passworded dan dienkripsi.
- 12.Dukungan untuk menginstal dan meng-uninstall digital ditandatangani.
- 13.Unicode menginstal. (Windows 2000/XP atau lambat).
- 14.Integrated Pascal scripting pilihan mesin untuk maju run-time menginstal dan menghapus kustomisasi.
- 15.Kode sumber lengkap tersedia (2,0-5,0 Borland Delphi dan 2009).



Gambar 2.8 Inno Setup Compiler  
(Sumber: *Screenshot* Fernando, 2013)

## **2.12 Rangka Tubuh Manusia**

### **2.12.1 Bagian-Bagian Rangka**

Rangka adalah susunan tulang-tulang secara teratur. Bayi yang baru lahir mempunyai 300 bagian tulang tetapi kebanyakan tulang rawan, sedangkan manusia dewasa mempunyai 206 tulang keras hal ini terjadi karena jumlah tulang rawan berkurang dan tulang menjadi keras. Tulang manusia dewasa terbentuk dari sel hidup yang dikelilingi oleh mineral (kalsium dan fosfat) dan zat lentur yang disebut kolagen. Rangka manusia dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu rangka kepala (tengkorak), rangka badan, dan rangka anggota gerak (Siswanto, 2011).



Gambar 2.7 Rangka Tubuh Manusia

(Sumber : Serpihan, 2012)

a. Rangka kepala (tengkorak)

Nama-nama tulang yang membentuk rangka kepala antara lain tulang ubun-ubun, tulang dahi, tulang pelipis, tulang mata, tulang hidung, tulang pipi, tulang rahang atas, dan tulang rahang bawah. Rangka kepala bagian depan membentuk dasar wajah manusia.

b. Rangka badan

Rangka badan tersusun mulai dari leher sampai tulang ekor. Tulang leher dibentuk oleh 7 ruas tulang. Tulang punggung hingga tulang ekor dibentuk oleh 26 ruas tulang, jadi jumlah tulang leher sampai tulang ekor adalah 33 ruas tulang. Bahu dibentuk oleh tulang selangka dan tulang belikat. Dibadan bawah terdapat rangka panggul dibentuk oleh tulang pinggul dan tulang kemaluan.

c. Rangka anggota gerak

Rangka anggota gerak terdiri dari anggota gerak atas (lengan atau tangan) dan anggota gerak bawah (kaki). Rangka lengan dibentuk oleh tulang lengan atas, hasta, pengumpil, pergelangan tangna, telapak tangan, dan jari

tangan. Rangka kaki dibentuk oleh tulang paha, tempurung lutut, betis, tulang kering, pergelangan kaki, telapak kaki, dan jari kaki. Tulang manusia yang terbesar adalah tulang paha.

d. Sendi

Rangka tubuh dapat kita gerakkan karena adanya kerja sama antar tulang, sendi, dan otot. Sendi adalah tempat pertemuan antara dua tulang sehingga tulang dapat digerakkan. Sehingga otot adalah bagian tubuh yang dapat menggerakkan rangka.

### **2.12.2 Fungsi Rangka**

Rangka membuat bagian tubuh lain berfungsi dengan baik. Beberapa fungsi rangka adalah sebagai berikut (Siswanto, 2011) :

- a. Rangka menguatkan dan menegakkan tubuh.
- b. Rangka menentukan bentuk tubuh rangka merupakan tempat melekatnya otot.
- c. Rangka melindungi bagian-bagian yang penting.

Contoh:

1. Rangka kepala melindungi otak, mata, telinga, hidung, dan saluran pernapasan bagian atas.
2. Ruas tulang leher melindungi tenggorokan dan kerongkongan.
3. Rangka rongga dada melindungi paru-paru, jantung, dan sebagian alat pencernaan.
4. Tulang pinggul melindungi alat pencernaan dan alat reproduksi (kelamin) bagian dalam.
5. Tulang belakang menegakkan badan dan melindungi sumsum tulang belakang.

### **2.12.3 Memelihara Kesehatan Tulang**

- a. penyakit yang menyerang tulang.
  1. Osteoporosis (tulang keropos)

Penyakit ini menyebabkan tulang mudah retak atau patah.



2. TBC tulang

Tuberkulosis (TBC) dapat pula menyarang tulang. Tulang dapat menjadi lemah hingga bernanah.

3. Rematik

Penyakit ini menyebabkan nyeri pada persendian dan disertai pembekakan sendi.

b. Bersikap tubuh yang benar

Sikap tubuh yang salah berdampak buruk terhadap rangkamu. Beberapa gangguan tulang adalah sebagai berikut.

1. Lordosis, yaitu penyakit tulang punggung terlalu bengkok kedepan.
2. Kifosis, yaitu tulang punggung terlalu bengkok kebelakang.
3. Skiliosis, yaitu tulang belakang yang terlalu bengkok kekiri atau kekanan.